Revista Internacional de
Ingeniería
de Estructuras

Vol. 22, 4, 479-501 (2017)

SEISMIC REINFORCEMENT OF BUILDING BANCO CENTRAL DE MANTA

Roberto Aguiar [1,2], Lincoln García [3], Marcos Zevallos [3], Jorge Palacios [3], Edgar Menéndez [3]

[1]Profesor. Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción. Universidad de Fuerzas Amadas ESPE. Av. Gral. Rumiñahui s/n, Valle de los Chillos. rraguiar@espe.edu.ec
[2]Carrera de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.
[3]Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Manabí.

Received: July 2017. Accepted: September 2017

ABSTRACT

The most relevant aspects of the seismic reinforcement of the Manta Central Bank Building, which was greatly affected by the earthquake of April 16, 2016, which had a magnitude of 7.8.

Basically, it was given more rigidity and resistance, with the incorporation of cutting walls, to the structure. On the other hand, the weight was reduced considerably with the overthrow of sills and screens of reinforced concrete that were only decorative elements.

Another important aspect of structural reinforcement is the change of material from brick walls that is rigid and heavy to Gypsum which is flexible and lightweight.

Keywords: Seismic Reinforcement. Shear Walls. Walls of Gypsum.

REFORZAMIENTO SÍSMICO DE EDIFICIO BANCO CENTRAL DE MANTA

RESUMEN

Se presentan los aspectos más relevantes del reforzamiento sísmico del Edificio del Banco Central de Manta, que fue muy afectado por el terremoto del 16 de abril de 2016, que tuvo una magnitud de 7.8

Básicamente se le confirió mayor rigidez y resistencia, con la incorporación de muros de corte, a la estructura. Por otra parte, se disminuyó considerablemente el peso con el derrocamiento de antepechos y pantallas de hormigón armado que solo eran elementos decorativos.

Otro aspecto importante del reforzamiento estructural, es el cambio de material de las paredes de ladrillo que es rígido y pesado a Gypsum que es flexible y liviano.

Palabras Claves: Reforzamiento Sísmico. Muros de Corte. Paredes de Gypsum.

1 INTRODUCCIÓN

El terremoto del 16 de abril de 2016, causó mucho daño en el edificio del Banco Central, de la ciudad de Manta, donde funcionaba el CNEL (Corporación Nacional de Electricidad) y el Banco de Fomento. Para poder explicar el daño que tuvo y el reforzamiento adoptado, es necesario conocer la estructura, razón por la cual en la figura 1 a, se observa el daño el edificio antes del terremoto; en la 1 b, se aprecia que fue una estructura compuesta solo por vigas y columnas (se habla en pasado ya que actualmente está reforzada) sin muros de corte pero paradójicamente existían pantallas de hormigón armado como elementos decorativos que se hablará posteriormente; en la figura 1 a y b, se ve que existen 6 plantas altas tipo; 3 inferiores de mayores dimensiones en planta y un subsuelo, en total se tiene 10 pisos.

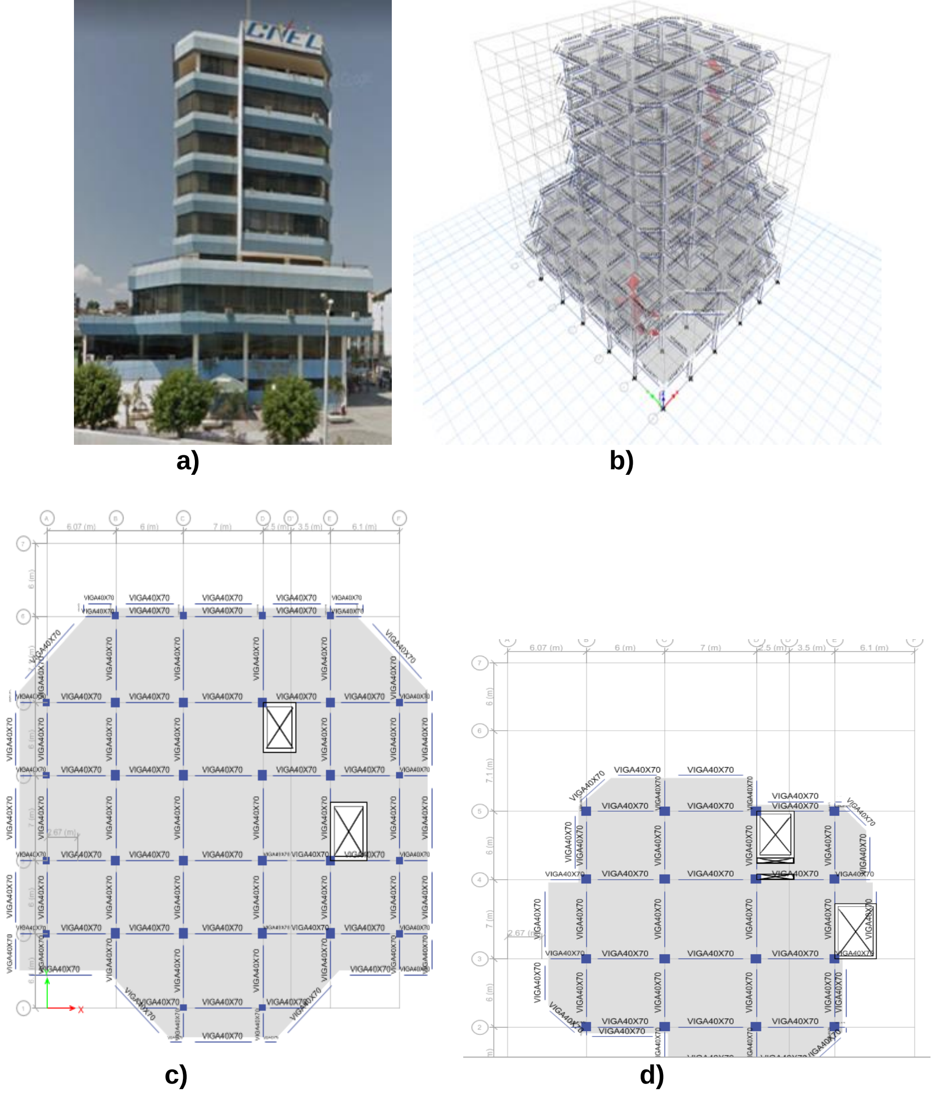


Figura 1 Edificio del Banco Central: a) Estructura antes del terremoto; b) Vista de elementos estructurales; c) Planta de Mezanine; d) Planta Tipo.

La figura 1 c, corresponde a la planta del mezanine y en la 1 d, se presenta la planta tipo de los 6 pisos superiores. En estas dos últimas figuras con una “X” se señala los sitios donde existe una grada y donde funcionaban los ascensores.

La grada corresponde a la “X” inferior derecho, que está entre los ejes 3-4 y E-F, esta grada no nace desde el subsuelo o planta baja; si no que lo hace a partir del tercer piso alto y llega hasta el último piso; para llegar al tercer piso existe otra grada que si viene desde el subsuelo. La figura 2 corresponde al tramo de grada que va desde el tercer piso hacia los pisos superiores y que tuvo daño extensivo en mampostería por falta de un elemento confinante vertical, como se verá a continuación.

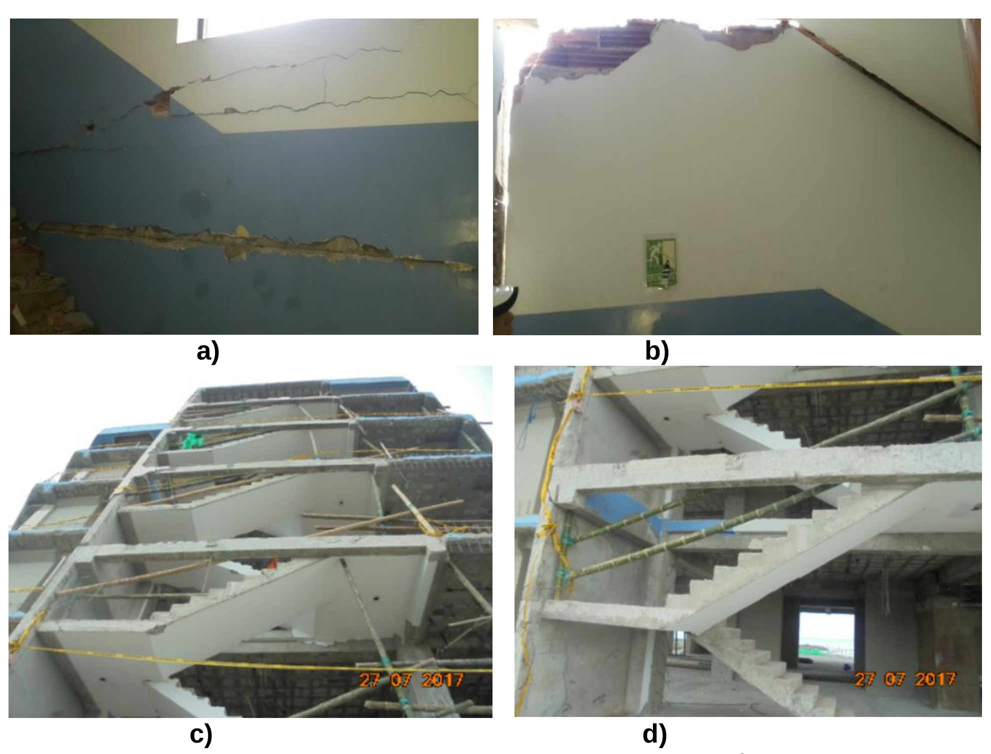


Figura 2 Grada entre ejes 3-4 y E-F; a) Daño en pared de Pórtico E; b) Daño en Pórtico paralelo a E; c) En el reforzamiento se derrocó la pared de pórtico paralelo al Pórtico E; d) Vista de grada durante el reforzamiento, el elemento vertical es una pantalla de hormigón armado.

El desarrollo de la grada es en sentido paralelo al Pórtico E; en este pórtico se tuvo el daño que se presenta en la figura 2 a, que es un daño moderado en mampostería y micro fisuras en algunas vigas; el gran daño se dio en el Pórtico paralelo que tiene un cabezal en un lado que se halla en la parte exterior del Pórtico 3 (Pantalla de hormigón armado) pero en el Pórtico 4 no existe elemento confinante, ver figuras 2 c y 2 d, de tal manera que la mampostería de la grada en el Pórtico paralelo al E, se encontraba suelta y en algunos pisos se separó como se aprecia en la figura 2 b; en otros pisos se rompió.

Las fotografías de las figuras 2 c y 2 d, fueron tomadas en el mes de julio de 2017; cuando se hallaban realizando los trabajos de reforzamiento; en estas fotos no se ve la mampostería que se ha identificado como paralela al Pórtico E, ya que fue removida por el Constructor pero hubo bastante daño en esta pared; en la figura 2 d, se observa el cabezal de la pantalla de hormigón con sus chicotes (hierros horizontales que sirven para confinar la mampostería) y no se observa en la figura 2 c.

La otra zona que tuvo gran daño fue en la zona donde funcionaban los ascensores que está entre los Pórticos 4-5 y D-D', con una "X" en las figuras 1 c, y d. Normalmente en la zona de los ascensores se coloca muros de corte en forma de "C", a lo mejor, en éste edificio no lo colocaron para evitar el problema de torsión, ya que el área donde funcionaba el ascensor no se halla en el centro de la planta. En el reforzamiento se cambió la ubicación de los ascensores a la parte central.

2 DESEMPEÑO ESTRUCTURAL DURANTE TERREMOTO

2.1 Análisis en Sentido Longitudinal

Se denomina Sentido Longitudinal, a aquel cuyos pórticos están identificados por letras y son los indicados en la figura 3.

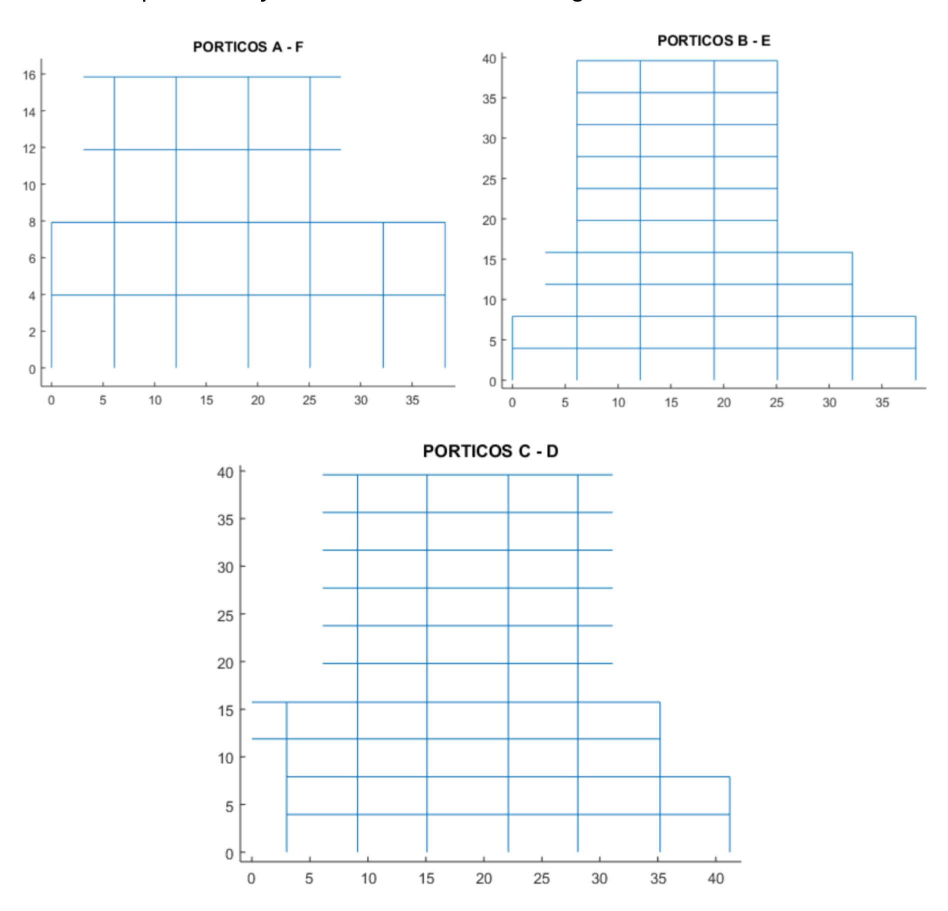


Figura 3 Pórticos en Sentido Longitudinal

Las columnas son cuadradas de 60 cm, de lado; otras son de 70 cm, y hay otras de 80 cm, las vigas son todas de 40/70 cm. La resistencia del hormigón es de 21 MPa. En el Capítulo 8, de Aguiar *et al.* (2016,1) se realizó un análisis espectral empleando el Programa SAP 2000. En este apartado en cambio se presentan los resultados que se obtuvieron al utilizar el Sistema de Computación CEINCI-LAB (Aguiar 2012, 2014) y considerando un grado de libertad por piso ubicado en el Centro de Masas.

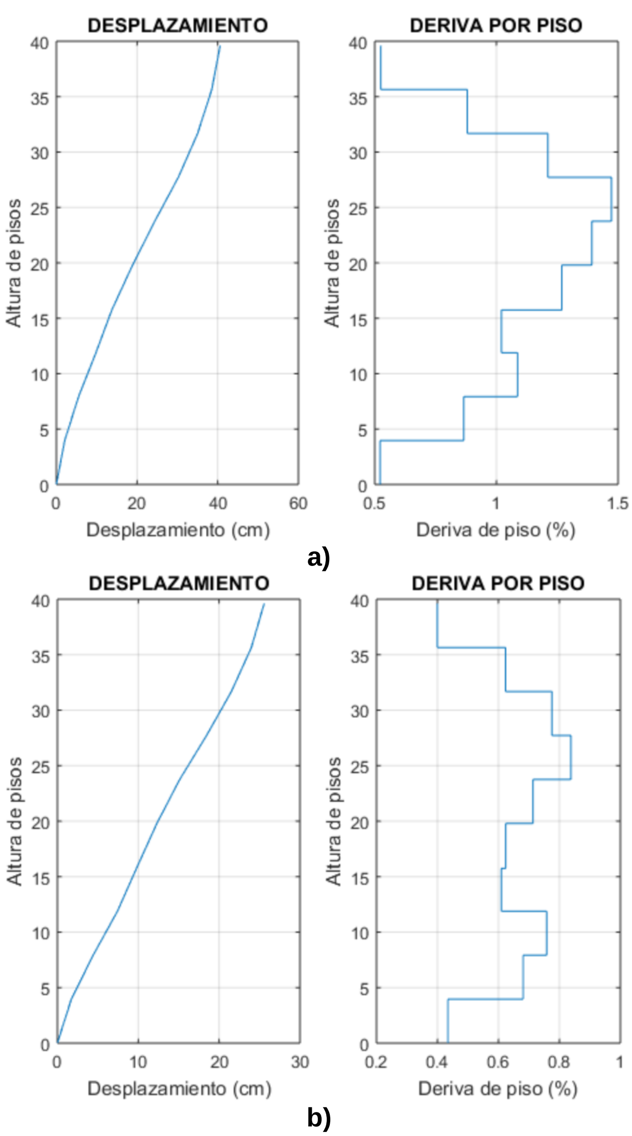


Figura 4 Respuesta en desplazamientos y derivas de piso, en Sentido Longitudinal; a) Componente E-W; b) Componente N-S

En el sentido longitudinal el período de vibración es $T = 1.4984\ s$. Las respuestas en desplazamientos y derivas de piso halladas ante la componente E-W, se indican en la figura 4 a, y ante la componente N-S en la figura 4 b. En la tabla

1 se muestran los valores máximos de desplazamientos D_t y deriva de piso γ, y deriva global γ_g.

Tabla 1 Respuestas máximas en Sentido Longitudinal

	E-W	N-S
$D_t\ (cm)$	40.533	25.474
γ (%)	1.473	0.838
γ_g(%)	1.025	0.646

2.2 Análisis en Sentido Transversal

Se denomina Sentido Transversal, a los Pórticos identificados por números y son los que se presentan en la figura 5.

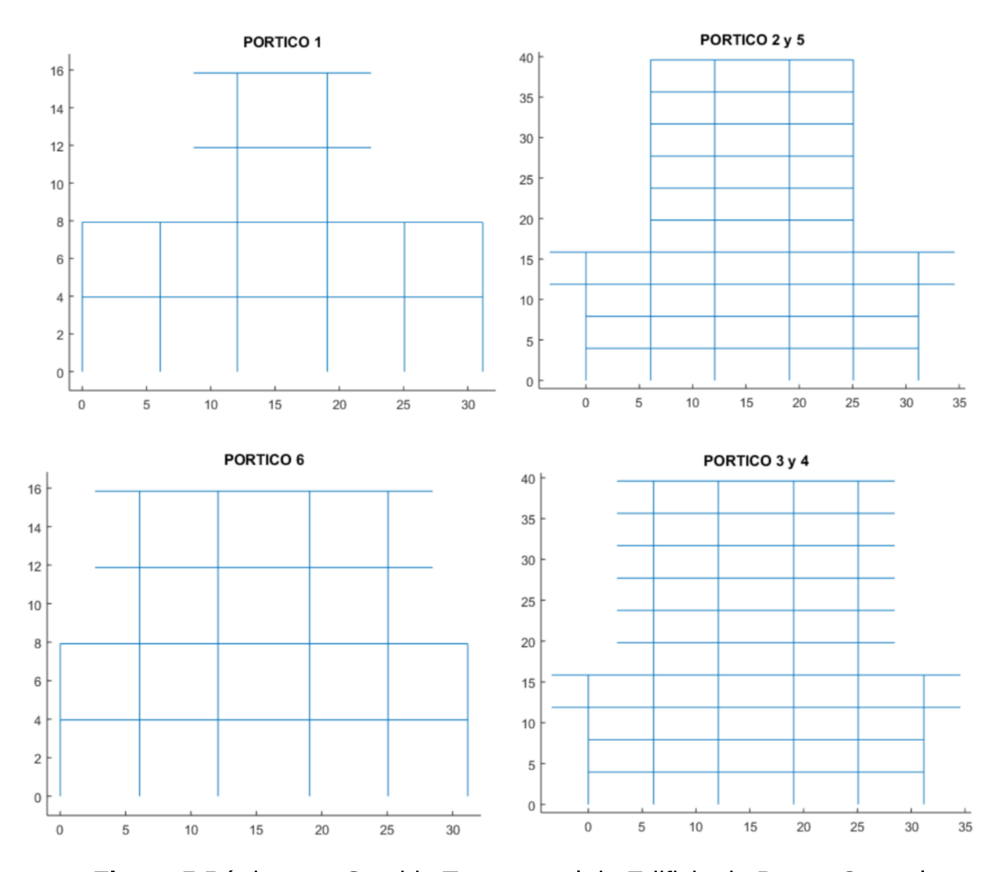


Figura 5 Pórticos en Sentido Transversal de Edificio de Banco Central

Tabla 2 Respuestas máximas en Sentido Transversal

	E-W	N-S
$D_t\ (cm)$	41.278	25.80
γ (%)	1.383	0.767
γ_g(%)	1.042	0.652

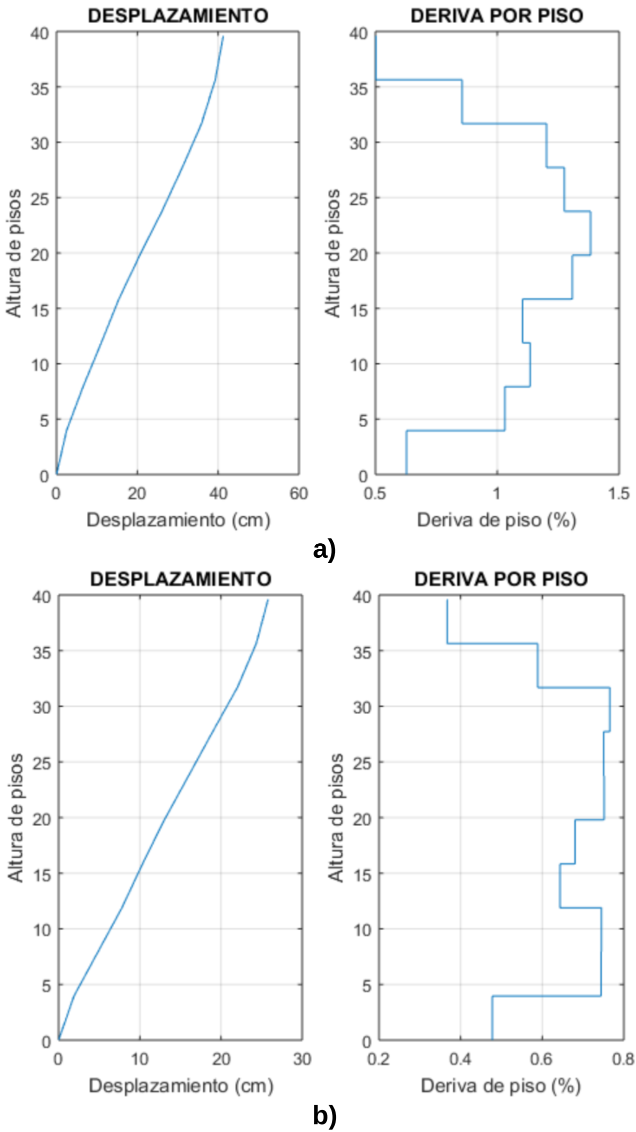


Figura 6 Desplazamientos y Derivas de Piso en Sentido Transversal de estructura; a) Componente E-W; b) Componente N-S.

Las dimensiones de las vigas de 40/70 cm, se mantienen en sentido transversal; los desplazamientos y derivas, ante las dos componentes sísmicas se indican en la tabla 2.

La deriva máxima del análisis sísmico en los dos sentidos (longitudinal y transversal) y con las dos componentes (E-W y N-S) es 1.473% y la deriva global máxima es 1.042 %.

El daño en mampostería fue extensivo y en los elementos estructurales estuvo entre leve y moderado. Por esta razón era indispensable reforzar la

estructura y se decidió hacerlo con la incorporación de muros de corte, tema que se aborda en el siguiente apartado.

3 INCORPORACIÓN DE MUROS DE CORTE

Con una deriva de piso tan alta de 1.473 % ante el espectro obtenido con los registros de Manta, del terremoto del 16 de abril de 2016, que tuvo una magnitud de 7.8, era necesario reforzar la estructura pero pensando en la ocurrencia de un terremoto más fuerte. Para ello se realizó un estudio de Peligrosidad Sísmica en forma probabilística y se obtuvieron dos espectros para períodos de retorno de 475 y 975 años, denominados: Sismo de Diseño *DE* y Sismo Máximo Considerado *MCE*. Aguiar *et al.* (2016,1), Rivas-Medina (2016).

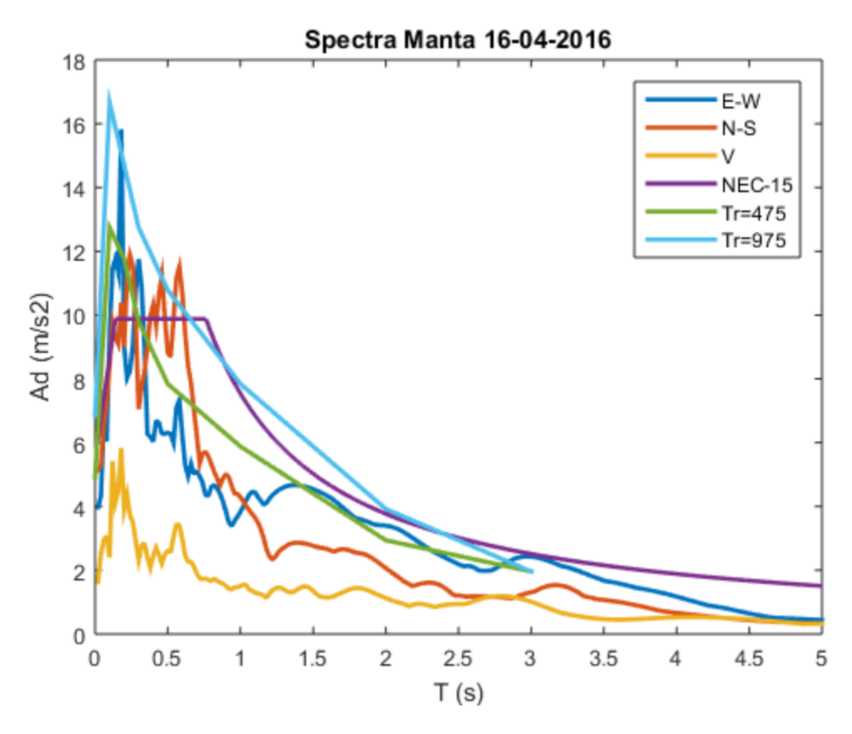


Figura 7 Espectros obtenidos en Manta del terremoto de 2016; Espectro del NEC-15 para un perfil de suelo tipo D; Espectros hallados en estudio de Peligrosidad Sísmica para períodos de retorno de 475 y 975 años.

En la figura 7 se presentan los espectros obtenidos con los registros de Manta, del terremoto de 2016, con los cuales se obtuvo el desempeño de la estructura mostrado en el apartado anterior (componentes E-W y N-S). Se indica además el espectro que recomienda la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15, para un perfil de suelo tipo D. También se presenta los espectros hallados en el estudio de Peligrosidad Sísmica, se observa que el espectro MCE (período de retorno $T_r = 975$) reporta las ordenadas espectrales más altas.

Por lo tanto, la estructura reforzada debe estar en capacidad de soportar el terremoto MCE, indicado en la figura 7 y no solo eso sino que se esperan derivas de piso menores a las halladas con el terremoto de 2016.

Por esto, es que se reforzó con los muros de corte, indicados en la figura 8, son cuatro muros de corte en forma de *L* en la parte exterior y 4 en la parte interior.

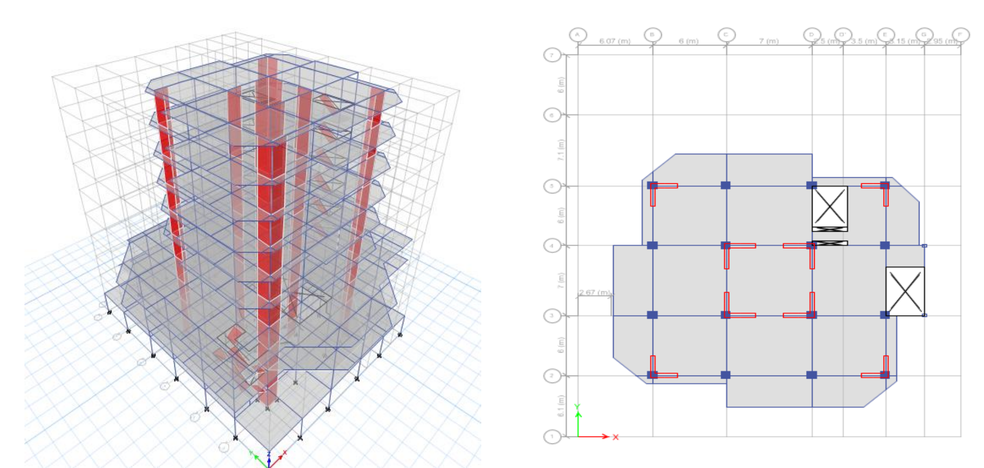


Figura 8 Vista en elevación y Planta de Muros de Corte de refuerzo sísmico. Fuente: Aguiar *et al.* (2016,1)

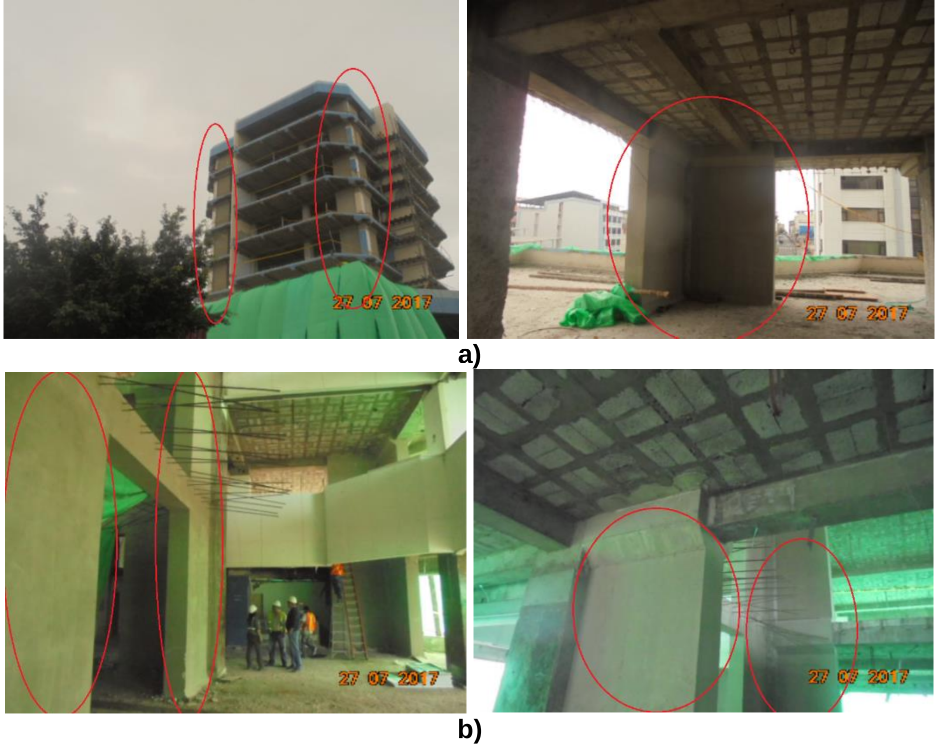


Figura 9 a) Muros Exteriores; b) Muros Interiores.

3.1 Muros exteriores e interiores

En la figura 9 a, izquierda, se ve dos de los muros exteriores que vienen desde la cimentación del edificio; en la fotografía 9 a, derecha, se observa un muro exterior; todos los muros interiores y exteriores tienen 40 cm, de espesor.

Ahora en la figura 9 b, izquierda se ven dos muros interiores, en la parte central del voladizo. Por cierto se construyó también la viga horizontal con lo cual se reduce la altura de las columnas y la estructura va a trabajar mejor; en la figura 9 b, derecha se muestran dos muros interiores.

3.2 Construcción de los Muros de Corte

Normalmente para dar continuidad a la armadura longitudinal de los muros de corte, cuando se está reforzando una estructura, se elimina todo el hormigón de las vigas, por las cuales va a pasar el muro. Pero quitar todo el hormigón de las vigas, es un trabajo muy laborioso que demanda su buen tiempo de ejecución y es probable que de alguna manera se afecte a las varillas existentes de las vigas.

Por lo que el contratista y fiscalización del reforzamiento estructural del Edificio del Banco Central, decidieron no quitar completamente el hormigón de las vigas por donde va el muro, sino que reforzar en dos fases; en la primera se coloca la armadura vertical de los muros, anclados a las vigas superior e inferior, colocando para el efecto aditivos químicos y en la segunda fase se da continuidad a las varillas verticales por la parte exterior, de tal manera que en la parte superior e inferior de un muro se tiene 4 filas de acero y en la parte central 2 filas.

- **Primera fase de armado del muro**

Se decidió que el espesor del muro tenga el mismo ancho de las vigas que es de 40 cm., esto a más de darle mayor rigidez y resistencia facilita el sistema constructivo. En la figura 10 a, se ve la colocación de las varillas longitudinales superior del muro, las mismas que tienen una longitud de anclaje de 15 cm.; en la figura 10 b, se observa en el muro de la derecha que se ha colocado la armadura vertical inferior y superior, falta colocar la armadura intermedia que debe cumplir con las longitudes de traslape especificadas por el ACI 318.

En las figuras 10 c, y d, se ve que la armadura horizontal del muro está anclada a la columna existente con aditivo químico. Este anclaje es un conector de corte para que trabajen monolíticamente la columna existente con los muros. Nótese que en los extremos del muro se tiene una mayor cantidad de refuezo vertical para que trabaje como un cabezal del muro.

- **Segunda fase de armado del muro**

La losa existente es alivianada en los dos sentidos; esto facilitó la colocación de la armadura vertical que da continuidad a la armadura colocada en la primera fase; para el efecto se colocaron hierros que prácticamente van desde la mitad del piso inferior a la mitad del piso superior, por la zona donde de los bloques.



a) b)

c) d)

Figura 10 Armadura de la primera fase; a) Anclaje de refuerzo vertical a las vigas con aditivo químico; b) Armadura inferior anclado a viga inferior y armadura superior a viga superior; c) Armadura longitudinal inferior y superior sin armadura intermedia; d) Muro con Armadura Intermedia y anclaje de refuerzo horizontal.



Figura 11 Armadura de continuidad del refuerzo vertical.

En la figura 11, se observa que se ha picado la loseta de compresión de la losa y se ha retirado 1 bloque para poder permitir el paso de la armadura vertical. En la fotografía izquierda de la figura 11, se observa que se ha colocado en la viga unos conectores de corte que sirve además para sujetar la armadura vertical.

Con el procedimiento constructivo indicado, en la parte superior del muro se tiene una mayor sección, la misma que se observa en la fotografía derecha de la figura 12 y en el piso superior, en la parte inferior se tiene un pequeño chaflán, que se notará muy poco con los acabados del piso. El engrosamiento del muro a la altura de la losa (fotografía de la izquierda de la figura 12) no se verá ya que se tiene un cielo raso falso.



Figura 12 Zona de continuidad de armadura longitudinal del muro.

4 DERROCAMIENTO DE PANTALLAS DE HORMIGÓN

En las fachadas existían 4 muros de hormigón armado que no llegaban al suelo del tercer piso. En la figura 13, se indica el de la fachada principal, se aprecia que la parte libre ya no está vertical sino inclinado, fruto de la deformación que tuvo durante el terremoto de 2016.



Figura 13 Pantallas de hormigón armado que fueron derrocadas y las paredes se reconstruirán con fibrocemento.

El muro de la figura 13 no es estructural, únicamente sirve como pared. Pero es una pared muy pesada de hormigón armado, por lo que se decidió derrocarlo y

reconstruir otra pared con fibrocemento, que es un material liviano y de fácil instalación.

La pantalla o muro, indicado en la figura 13, corresponde al que se halla en el Eje C, ver figura 1 d; en la fachada posterior existe otro similar en el Eje D. Lo importante de todo esto es que con el cambio de material se disminuye el peso, a más de que sufrieron daño.

En cada fachada existían pantallas similares, que se puede inferir su ubicación al ver la simetría, en la figura 1 d. En la fachada lateral izquierda se tiene en el Eje 4; en la posterior en el Eje D, y en la lateral derecha en el Eje 3, que fue la única que se dejó por formar parte de la grada.

5 DERROCAMIENTO DE ANTEPECHOS DE HORMIGÓN

La figura 14 a, fue tomada después del terremoto de 2016, y se observa que todo el edificio, en su parte exterior tiene antepechos de hormigón armado (elementos de color azul) que son muy pesados. Los antepechos tienen una longitud sobre la losa (trabajan a compresión) y otra longitud está bajo la losa (trabajan a tracción). Con igual criterio de disminuir el peso de la estructura se decidió derrocar los antepechos como se ve en la figura 14 b, en esa fotografía se aprecia todavía la armadura, que será removida posteriormente.



a) b)

Figura 14 Derrocamiento de antepechos; a) Fachada lateral después del terremoto; b) Fachada sin antepechos.

En la reconstrucción a todo el edificio se le colocará una “piel” de vidrio, que en parte vienen a ser los elementos que reemplazan a los antepechos.

6 RECONSTRUCCIÓN DE GRADA

El primero de los autores de este artículo, visitó algunas veces el Edificio del Banco Central, que se está analizando y solo detectó micro fisuras (daño leve) en las vigas del Eje E, en la viga paralela, que se halla entre los ejes E-F, no observó daño porque en la parte inferior se tenía la mampostería muy dañada y desplazada de su eje vertical (tema que se abordó en el apartado 1).

Al remover la mampostería, se observa en la figura 15, que la viga que se halla entre los ejes E-F tiene un daño extensivo, de tal manera que se trató de una falla oculta por la mampostería. Esto suele suceder, que aparecen fallas ocultas y muy probablemente se agrandó la falla con los martillazos que dieron para derrocar la mampostería.




Figura 15 Daño entre moderado y extensivo en elementos estructurales de grada

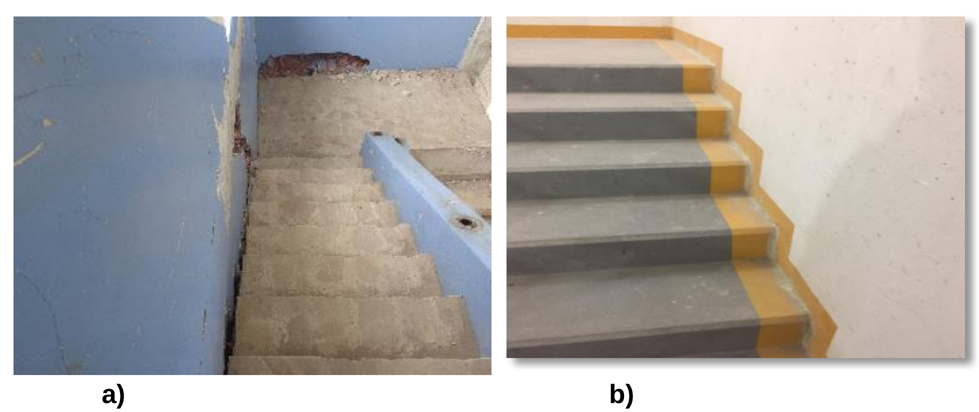
Lo cierto es que no se puede pensar solo en rellenar el material perdido con hormigón, ya que el elemento estructural está debilitado, tiene menor resistencia y rigidez; se debe proceder a remover todo el material que está ligeramente adherido al hormigón y realizar inyecciones con resina epóxica para que la resina penetre lo que más pueda en la falla.

En la fotografía de la derecha de la figura 15, se ven también micro fisuras en la viga; en estas también se debe colocar la resina. En la parte inferior se debe colocar un grout para que la armadura tenga recubrimiento.

Finalmente como precaución, se recomienda colocar franjas, en forma de "C" de Carbodur de 10 cm, de ancho, separadas cada 10 cm, porque en la figura se aprecia una falla de corte en la viga.

Una falla común que se presentó en el terremoto de 2016, es el desprendimiento de las paredes adyacentes de la grada, de tal manera que queda un espacio entre la grada y la pared, que se observa en la figura 16 a, que corresponde a las gradas del Banco Central. A la derecha se presenta las gradas del Edificio Buzios de 16 pisos, de la ciudad de Manta en donde se colocó resina epóxica en la separación, lo propio se va a realizar en el Edificio del Banco Central.

En la figura 17 a, se observa que a las gradas se le han retirado las baldosas las cuales se reemplazarán por cerámica y en la figura 17 b, se ve el retiro de la mampostería de ladrillo que poseían anteriormente las gradas y todas las paredes del Edificio en general; además se observa que ya no existen los antepechos en todos los pisos. Como se indicó anteriormente las nuevas paredes, exteriores, serán de fibrocemento con lo que se reduce notablemente el peso.



a) b)

Figura 16 Desprendimiento de grada; a) Grada de Edificio Banco Central; b) Grada resanada de Edificio Buzios. Fuente: Aguiar (2017)



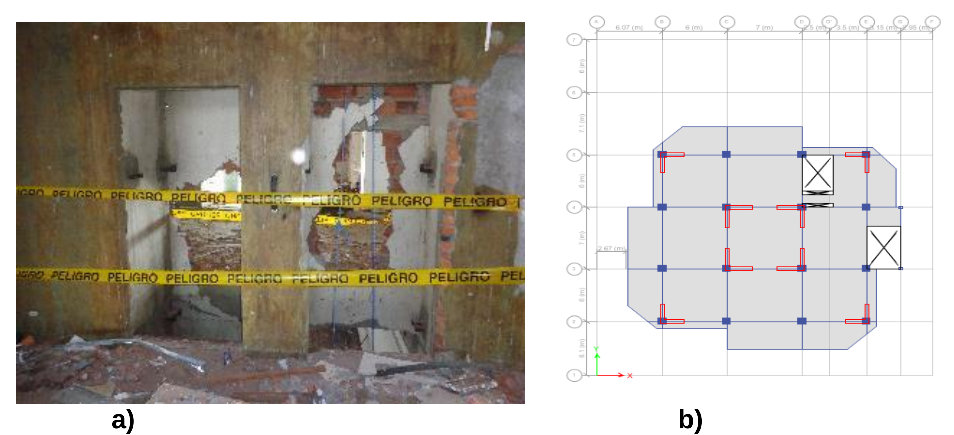
a) b)

Figura 17 a) Vistas interior de área de grada; b) Vista lateral exterior de las gradas sin mampostería y sin antepechos.

7 REUBICACIÓN DE LOS ASCENSORES

La figura 18 a, corresponde al área donde funcionaban los ascensores entre los ejes D-D' y 4-5, está identificado con una "X" en la figura 18 b. Se habla en pasado debido a que en la rehabilitación que se está realizando pasará a funcionar en la parte central del Edificio entre los ejes C-D, y el eje 4. No se coloca 4-5 debido a que estará en el eje 4 y no en toda la longitud de 7 m, porque es demasiado;

estará en la parte de uno de los muros de corte en forma de “L”. Esto implica que se debe hacer aberturas en la losa para el paso del ascensor.



a) b)

Figura 18 a) Área de Ascensores que será reubicado; b) Planta tipo alta que sirve para visualizar la antigua área de los ascensores.

En la figura 18 a, se observa el gran daño que se tuvo en las paredes de ladrillo de los ductos del ascensor. Para un edificio de 10 pisos, lo más adecuado habría sido diseñar muros de hormigón en forma de “C” alrededor del ascensor, pero debían ubicarlos, donde van a colocarlos actualmente, en la parte central del edificio, de esta manera, no se tiene problemas de torsión.

En la figura 19, se observa las aberturas que se han realizado en la losa para el paso de los ascensores del edificio; se han eliminado algunos bloques de la losa y nervios para dejar los ductos del ascensor; se ven algunos nervios que configuran el sitio de los ascensores.

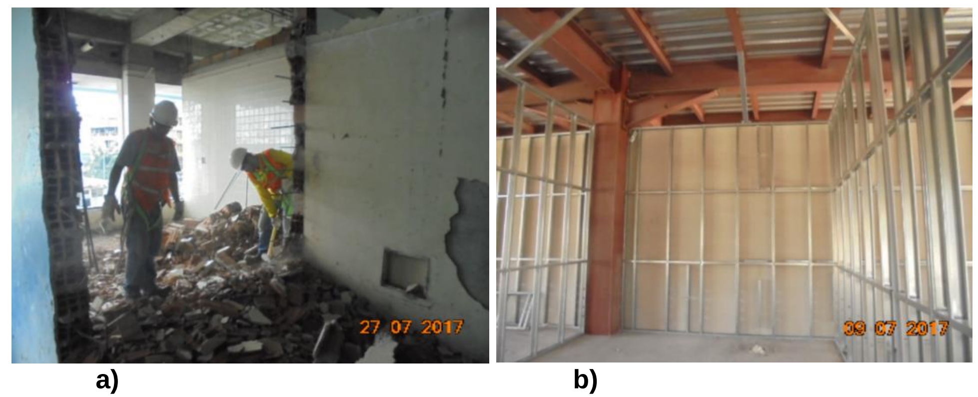


Figura 19 Abertura en la losa para paso de ascensor.

8 CAMBIO DE MATERIAL DE PAREDES

En el terremoto de 2016, se observó en el Edificio del Banco Central de Manta, gran daño en las paredes de ladrillo y un buen comportamiento de las paredes divisorias de MDF y vidrio. A lo mucho algunas divisiones se desplazaron porque no estaban bien colocadas y en pocos casos hubo rotura de vidrios. Aguiar *et al.* (2016,1).

La mayor parte de divisiones de MDF y vidrio funcionaron muy bien, razón por la cual en la rehabilitación se ha decidido que las divisiones de ambientes de las oficinas sean de MDF y vidrio; las paredes interiores van a ser de Gypsum. En la figura 20 a, se observa el derrocamiento de las paredes de ladrillo, se aprecia, los chicotes que se colocaban para acoplar la pared a la estructura.



a) **b)**

Figura 20 a) Derrocamiento de paredes de ladrillo de Edificio de Banco Central; b) Estructura de Tol de paredes de gypsum colocado en las construcciones de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE

El terremoto de 2016, de Ecuador marcó el inicio de una nueva forma de construir, antes del terremoto se utilizaba bloques de hormigón o paredes de ladrillo, que tienen un peso que varía entre 150 y 250 kg/m^2, dependiendo del material que se utilice; en cambio las paredes de Gypsum tienen un peso que está alrededor de los 40 kg/m^2. Es decir se reduce el peso aproximadamente a la quinta parte, es un material muy flexible que tuvo un gran comportamiento durante el terremoto de 2016. Aguiar *et al.* (2016,2).

Varias Universidades de los Estados Unidos han dedicado como 5 años a investigar sobre la forma de construir con Gypsum, han realizado ensayos de laboratorio y se ve que sus constitutivas disipan energía; hay normas para su construcción en las que se limita el espaciamiento entre los elementos verticales; normas sobre el anclaje que debe tener en la parte inferior y superior. (Filiatrault, 2015) lo importante es conocerlas y aplicarlas.

En varios edificios de Manta, que fueron rehabilitados, se cambió de material de bloques o ladrillos a Gypsum, igual que en el Banco Central (Edificios Buzios, Olas, Fortaleza). Pero lo interesante es notar que en otras partes del Ecuador, donde se están construyendo edificios con aisladores sísmicos, se decidió construir las paredes con Gypsum, un ejemplo de ello, son las nuevas

construcciones donde funcionarán los Centros de Investigación y de Post Grado, de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, ver figura 20 b.

EL Gypsum permite colocar las instalaciones eléctricas, sanitarias, cables de internet, etc., en su interior; en la forma tradicional se construía la pared de bloque o ladrillo, luego se picaba en los sitios donde van las instalaciones y se volvía a reparar; si con el paso del hay daño se tiene que volver a picar la pared, todo esto no se presenta con Gypsum. Sin embargo hay gente que sigue construyendo con bloques o ladrillo; talvez porque piensan que es más seguro y no permite el paso del ruido.

Los ductos de la ubicación de los ascensores antes del terremoto, serán destinados para el paso de tuberías eléctricas e hidrosanitarias. Por otra parte únicamente los ductos para el funcionamiento de los ascensores serán de bloque prensado.

9 COSTO DE REFORZAMIENTO Y REDUCCIÓN DE PESO

Siempre es de interés conocer el costo del reforzamiento estructural, pero en este caso va a ser un poco alto debido a que el trabajo realizado contempla cambio de material de las paredes de ladrillo a Gypsum en el caso de las interiores o fibrocemento para las exteriores, también contempla el derrocamiento de antepechos y pantallas de hormigón armado. En la tabla 3, se resume el costo de los trabajos realizados.

Tabla 3 Costo del reforzamiento estructural. Fuente: MENCONSTRUC S.A.

Denominación	Valor Total (USD)	Anexo
Obras Preliminares (Cerramiento, letreros)	4428.28	
Derrocamiento y Remoción de escombros	91326.90	A
Reforzamiento Estructural	421543.89	B
Derrocamiento de antepechos y pantallas	276218.22	
Valor Total	**793517.22**	

El Costo del reforzamiento es 793517 dólares y el área total de construcción es 6761.6 m^2, lo que implica que el costo de reforzamiento por metro cuadrado es de 117.35 dólares.

En el Anexo B, se tiene que el volumen de hormigón de los muros estructurales de reforzamiento es de 494.54 m^3, que para fines de cálculo se redondea a 500 m^3.

Por otra parte, el volumen de hormigón derrocado de antepechos y pantallas de hormigón es de 1100 m^3.

Por lo tanto, la reducción de peso únicamente de hormigón es (1100-500) * 2.4 que da 1440 T.

Por otra parte, en el Anexo A, se indica que el área total de mampostería a derrocar es 2344.46 m^2. Considerando que la mampostería pesa 200 kg/m^2 y que

se va a colocar Gypsum o Fibrocemento, que pesa 40 kg/m^2. La disminución de peso por cambio de material en paredes es de 2344.46*0.16= 375 T.

Luego la reducción de peso en la reconstrucción es de 1815 T.

El peso total de la estructura es de 8857.9 T. La reducción de peso de 1815 T., significa que se ha disminuido el peso en 20.45 %.

10 NUEVA FACHADA DE EDIFICIO

Una característica de los edificios rehabilitados, es que quedaron mejor que antes del terremoto y esto no es la excepción en el Edificio del Banco Central, que va a lucir con una fachada muy moderna, como se aprecia en la figura 21. Ya no tiene los antepechos de hormigón, ni tres de las cuatro pantallas de hormigón.





Figura 21 Nuevas Fachadas de Edificio Banco Central de Manta.

La mayor parte de las estructuras de Manta, solo han sido reparadas y esto es penoso, ya que quedaron “sentidas”. (FEMA 306). En buena parte de los casos solamente repararon la mampostería dañada con el mismo material y los pintaron (CNT de Malecón de Manta, Museo Cultural de la Ciudad, Corporación Aduanera del Ecuador CAE).

En otros casos se cambió el material de las paredes de bloque prensado a Gypsum, con lo que se redujo el peso pero no fueron reforzados (Buzios, Olas,

Fragata). En otros casos se confinó mejor la mampostería con el mismo material con lo que se aumentó el peso (Portomare).

Todavía no existe la cultura de reforzamiento de las estructuras. Es verdad que en una estructura existente y cuando prácticamente se ha terminado la rehabilitación pensar en reforzar implica que las fachadas no se vayan a ver tan bonitas con diagonales de acero.

Reforzar un Edificio habitacional implica poner de acuerdo al 75% de copropietarios o más y difícilmente se logra consenso por lo que no se han reforzado estructuras a pesar de contar con estudios realizados y de contar con los recursos económicos.

11 COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

El edificio del Banco Central de la ciudad de Manta, es el típico edificio de mediana altura, que responde a la forma como se diseñaba hace más de 10 años, las estructuras en el Ecuador; su estructuración era en base a vigas y columnas sin muros de corte.

La estructura era flexible con una serie de elementos decorativos muy pesados como son los antepechos y las pantallas de hormigón armado pero que no eran elementos estructurales ya que no llegaban al suelo del tercer piso, desde donde nacían.

Se ha bajado notablemente el peso con el derrocamiento de antepechos, pantallas y paredes de ladrillo. Pero por otra parte con la construcción de 8 muros de corte de 40 cm, de espesor en forma de "L". Considerando el derrocamiento de antepechos y pantallas (disminución de peso) más la construcción de los muros, se tiene una disminución del peso total en 20.45 %. Es verdad que a esta cantidad se debe disminuir el peso de la nueva fachada pero en forma muy conservadora se puede concluir que hubo una reducción de peso de 10%. Esto es muy bueno ya que se incrementó notablemente la resistencia y rigidez de la estructura con la incorporación de los muros de corte.

AGRADECIMIENTO

A la Ing. María Goretti Solórzano y la Ing. Julieth Córdova por la valiosa información suministrada sobre el proceso constructivo, de la rehabilitación del Edificio del Banco Central de Manta.

REFERENCIAS

1. ACI-318. (2011). *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario.* Faminton Hills: American Concrete Institute.

1. Aguiar R., (2017), *Reforzamiento de Edificio Buzios con Disipadores de energía,* Tres capítulos entregados a Holger Torres, Presidente de la Administración en el período 2016-2017, Manta.
2. Aguiar R., Zevallos M., Palacios J., García L., Menéndez E., (2016,1), *Reforzamiento de estructuras con disipadores de energía. Terremoto de Ecuador del 16 de abril de 2016,* Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH, 283 p. Portoviejo, Ecuador.
3. Aguiar R., Del Castillo F., Mizobe J., y Mendoza P., (2016,2), "Rehabilitación de edificio afectado por el terremoto del 16 de abril de 2016 en la ULEAM", *Revista Gaceta Técnica,* **15 (1),** 9-22, Venezuela.
4. Aguiar R., (2014), *Análisis Matricial de Estructuras con CEINCI-LAB,* Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Cuarta Edición, 676 p.
5. Aguiar R. (2012), Dinámica de Estructuras con CEINCI-LAB, Instituto Panamericano de Geografía e Historia, IPGH. Segunda edición, 416 p., Quito.
6. Filiatrault A., (2015), *Seismic design and analysis of nonstructural components, Chapter 5 Seismic performance of cold-formed steel framed Gypsum partition walls.* Material entregado en el XX Curso Internacional de Estructuras realizado en la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, en Ecuador.
7. FEMA 306, (1998), *Evaluation of earthquake damaged concrete and masonry wall buildings, Basic Procedures Manual,* Applied Technology Council (ATC-43 Project), Federal Emergency Management Agency, 270 p.
8. MENCONSTRUC (2017), *Costos de reforzamiento.* Fiscalizadores del reforzamiento estructural. Portoviejo, Ecuador.
9. NEC-SE-DS (2015) *Norma Ecuatoriana de la Construcción,* Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda, MIDUVI.
10. Rivas A. (2016), *Caracterización probabilística de la peligrosidad sísmica en dos emplazamientos de interés, Manta y Bahía de Caráquez (Ecuador),* Informe de estudio, 21 p.

Anexo A Derrocamiento y remoción de escombros.
Fuente: MENCONSTRUC (2017)

Derrocamiento y remoción de escombros	UNIDAD	CANTIDAD EJEECUTADA	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
Picado y desconchado de enlucido	m2	446,39	1,97	879,39
Derrocamiento de mampostería de bloque o ladrillo	m2	2.344,46	6,29	14.746,65
Excavación manual para estructuras menores	m3	22,88	8,51	194,71
Desalojo de material de derrocamientos y escombros	m3	1.668,02	7,06	11.776,22
Demolición de elementos estructurales de hormigón armado	m3	51,01	72,92	3.719,65
Demolición de recubrimiento de piso y sobrepiso de hormigón simple	m2	340,20	7,06	2.401,81
Demolición de contratapiso de hormigón armado, espesor 15 cm	m2	35,20	51,37	1.808,22
Derrocamiento de estructura perimetral de hormigon armado, con protección por caida de escombros	m2	951,89	35,7	33.982,47
Derrocamiento mortero en tumbado exterior y desmontaje de estructura metalica con malla electrosoldada para soporte. Incluye traslado a bodega provisional dentro de obra	m2	180,32	25,79	4.650,45
Desmontaje de piezas sanitarias. Incluye traslado a bodega de la institución	u	10,00	33,7	337,00
Desmontajes de letreros. Incluye traslado a bodega de la institución	u	-	168,91	-
Acarreo de material de derrocamientos y escombros dentro de obra	m3	1.668,02	10,09	16.830,32
				91.326,90

Anexo B Costo de reforzamiento estructural. Fuente: Menconstruc (2017)

Reforzamiento estructural y otros	UNIDAD	CANTIDAD EJECUTADA	P. UNITARIO	COSTO TOTAL
Aditivo epóxico para hormigón	Kg	449,52	35,81	16.097,31
Hormigón en muro f'c= 240 Kg/cm2 (incluye encofrado)	m3	494,54	241,04	119.203,92
Acero de refuerzo en varillas corrugadas	Kg	64.018,31	1,79	114.592,78
Inyección en fisuras con resina epóxica	Kg	0,00	98,99	0,00
Hormigón Grout (para relleno de cavidad en unión estructural)	m3	3,00	1.525,26	4.575,78
Hormigón en contrapiso f'c= 180 Kg/cm2 (incluye malla electrosoldada)	m2	0,00	15,86	0,00
Bombeo de hormigon, incluye montaje y desmontaje de tubería metálica	m3	494,54	15,55	7.690,10
Escaneo y perforaciones en columnas y vigas de concreto para anclajes de acero	u	13.740,00	6,06	83.264,40
Anclaje de varilla con epoxico	u	13.740,00	5,54	76.119,60
				421.543,89